

**Химическое загрязнение
окружающей среды:
основы оценки риска
для здоровья населения**



Оценка риска включает выполнение 4 этапов:



1. **Идентификация опасности**
2. **Оценка экспозиции**
3. **Оценка «доза-ответ»**
4. **Характеристика риска**

**Анализ данных этапов позволяет дать
характеристику системы**

**«Оценка риска – управление риском-
информация о риске»**



Риск – вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда. (ст. Федерального закона «О техническом регулировании» № 184-ФЗ от 27 декабря 2002г.)



Риск для здоровья характеризуется как вероятность развития у населения неблагоприятных для здоровья эффектов при реальном или потенциальном загрязнении окружающей среды.



Оценка риска используется при:

- Государственном санитарном и экологическом надзоре
- Экологической и гигиенической экспертизе
- Паспортизации промышленных объектов
- Определении зон экологического бедствия
- Определении чрезвычайной экологической ситуации
- Установлении взаимосвязи окружающей среды и здоровья населения
- Управлении риском
- Обосновании приоритетных мероприятий по охране окружающей среды и оценки их эффективности



ЧЕТЫРЕ ЭТАПА ОЦЕНКИ РИСКА

1. **Идентификация опасности**
2. **Оценка экспозиции**
3. **Оценка зависимости «доза-эффект»**
4. **Характеристика риска**

Идентификация опасности



Опасность – это способность химического соединения наносить вред организму и / или относительная токсичность вещества или смеси веществ.

Идентификация опасности – процесс установления причинной связи между экспозицией химического вещества и частотой развития и / или тяжестью неблагоприятных эффектов на здоровье человека.

Идентификация опасности



Основной задачей этапа идентификации опасности является выбор приоритетных, индикаторных химических веществ, изучение которых позволяет с достаточной надежностью охарактеризовать уровни риска нарушений состояния здоровья населения и источники его возникновения.



Этап идентификации предусматривает:

- **выявление всех источников загрязнения окружающей среды;**
- **идентификацию всех загрязняющих веществ;**
- **физико-химическую характеристику загрязняющих веществ;**
- **характеристику потенциальных вредных эффектов химических веществ для здоровья человека;**

- **сведения о показателях опасности загрязняющих веществ;**
- **сведения о канцерогенных и неканцерогенных эффектах;**
- **ранжирование химических соединений;**
- **перечень критериев выбора приоритетных, индикаторных веществ;**
- **выявление приоритетных, индикаторных веществ для последующей оценки риска.**





БАЗА ДАННЫХ

- **Многотомное справочное издание «Вредные химические вещества» под. Ред. Филова, 1989 г.**
- **База данных JRIS Агенства США по охране окружающей среды.**
- **Серия монографий «Environmental Health Criteria» по химической безопасности (JPCS).**
- **Серия монографий Международного агенства по изучению рака «IARC» Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans».**
- **Базы данных RTECS.**
- **Базы данных SARET.**



Официальные документы контролирующих служб в области охраны окружающей среды.

1. Технологический регламент получения феноло- и карбамидоформальдегидных смол.
2. Том ПДВ «Атмосфера. Предельно допустимые выбросы вредных веществ производства феноло- и карбамидоформальдегидных смол».

- **Данные формы 2ТП (Воздух).**
- **Данные ГУ «Ивановский ЦГСМ» о фоновом загрязнении атмосферного воздуха.**
- **Географические карты Ивановской области.**
- **Том «Обоснование размеров санитарно-защитной зоны для группы предприятий ООО «Заволжский химический завод». Иваново, 2007.**

Технические средства



1. Программа расчета осредненных за длительный период концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (расчетный блок «Средние»). Версия 1.0. Санкт-Петербург, 2005. Фирма «Интеграл».
2. УПРЗА Эколог, версия 3.00 Copyright 1990-2006. Фирма «Интеграл».
3. Расчетный модуль «Риски». УПРЗА Эколог, версия 3.00 Copyright 1990-2006. Фирма «Интеграл».
4. Программа «АТП-Эколог», версия 2.56.
5. Программа СППС (программа «Гидрохимия»)

Перечень потенциально опасных веществ

На основе анализа предыдущих материалов сформирован перечень опасных веществ
Перечень потенциально опасных веществ, поступающих в окружающую среду

№ п/п	Вещества
1	Азота (II) оксид
2	Азота (IV) оксид
3	Серы диоксид
4	Углерода оксид
5	Углерод черный (сажа)

№ п/п	Вещества
6	Метанол
7	Фенол
8	Формальдегид
9	Нефтепродукты
10	Карбамид
11	Натрия гидроокись
12	Водород хлористый
13	Кислота серная
14	Керосин

Валовые выбросы (т/год) и вклад отдельных веществ в загрязнение атмосферного воздуха. Σ 0,3507 т/год

№ п/п	Вещества	Валовые выбросы, т/год	Процент вклада в суммарный выброс
1	Азота (II) оксид	0,0009	0,256
2	Азота (IV) оксид	0,0052	1,483
3	Серы диоксид	0,0007	0,199
4	Углерода оксид	0,021	5,988
5	Углерод черный (сажа)	0,0003	0,086

№ п/п	Вещества	Валовые выбросы, т/год	Процент вклада в суммарный выброс
6	Водород хлорид	0,001	0,313
7	Фенол	0,1030	29,369
8	Формальдегид	0,2135	60,878
9	Керосин	0,0024	0,684
10	Натрия гидроксид	0,0002	0,057
11	Серная кислота	0,0002	0,057
12	Метанол	0,0022	0,627

Вклад в уровни воздействия отдельных источников химических веществ при поступлении в атмосферный воздух

№ источника	Валовой выброс	Процент вклада	Характеристика источника выброса
1	0,1223	29,93	от технологического оборудования
2	0,0073	1,78	от неплотностей расходных емкостей хранения формальдегида
3	0,00023	0,056	неплотности насосов, арматуры и фланцевых соединений автоцистерн

№ источника	Валовый выброс	Процент вклада	Характеристика источника выброса
4	0,1241	30,22	от общеобменной вентиляции
5	0,1241	30,22	от общеобменной вентиляции
6	0,00145	0,35	из вытяжного шкафа лаборатории
7	0,0305	7,43	от автотранспорта
	Σ 0,4106	Σ 99,97	

Ранжирование потенциально опасных веществ



Ранговый индекс опасности загрязняющих веществ является одним из критериев их приоритетности.

Ранговый индекс канцерогенной опасности ($HR_{i\text{канц.}}$) определяется по формуле:

$$HR_{i\text{канц.}} = \frac{E \cdot W_c \cdot P}{10000},$$

где: W_c – весовой коэффициент канцерогенной активности,

P – численность популяции под воздействием,

E – величина условной экспозиции (объем годового выброса, т/год).

Ранг химических веществ по канцерогенному и хроническому неканцерогенному действию при ингаляционном воздействии

№ п/п	Вещества	ПДВ, т/год	Индекс сравн. канцер. опасн., $HR_{\text{канц.}}$	Ранг	Индекс сравн. канцер. опасн., HR_i	Ранг
1	2	3	4	5	6	7
1	Азота (II) оксид (Азота оксид)	0,0009			0,12	8
2	Азота (IV) оксид (Азота диоксид)	0,0052			0,67	5
3	Серы диоксид	0,0007			0,09	9
4	Углерода оксид	0,021			0,03	12

1	2	3	4	5	6	7
5	Углерод черный	0,0003	0,0387	2	0,04	11
6	Водород хлорид	0,0011			0,14	7
7	Кислота серная	0,0002			2,58	4
8	Метанол	0,0022			0,08	10
9	Фенол	0,1030			132,87	2
10	Формальдегид	0,2135	27,54	1	275,42	1
11	Натрия гидроксид	0,0002			0,26	6
12	Керосин	0,0024			3,10	3

Формирование списка приоритетных веществ для оценки риска

Критерии, использованные для выбора приоритетных загрязняющих веществ:



- отношение к приоритетным веществам на международном, национальном и региональном уровне;
- наличие референтных концентраций и доз;
- доказательность канцерогенности;
- предельно допустимые концентрации для атмосферного воздуха и воды водных объектов, их превышение;
- ранг канцерогенной и неканцерогенной опасности;
- класс опасности;
- индексы сравнительной канцерогенной опасности;
- вклад вещества в суммарное загрязнение объектов окружающей среды.

Химические вещества, включенные в последующую оценку риска при загрязнении атмосферного воздуха

№ п/п	Вещества	CAS	Причина включения в список	Причина искл. из списка	Вкл. «+» или нет «-»
1	2	3	4	5	6
1	Азота (II) оксид (Азота оксид)	10102-43-9	Относит. К приорит. В-вам на международн. И национ. уровнях		+
2	Азота (IV) оксид (Азота диоксид)	10102-44-0	То же		+
3	Серы диоксид	630-08-0	То же		+

1	2	3	4	5	6
4	Углерод оксид	630-08-0	То же		+
5	Углерод черный	-	Канцероген		+
6	Водород хлорид	7647-01-0	Относится к II классу опасности		+
7	Фенол	108-35-2	Приоритет HRJ, II класс опасности		+
8	Формальдегид	50-00-0	Канцерог., приоритет HRJ, II класс опасности		+

Международная методология оценки риска предполагает, что:

- канцерогенные эффекты при воздействии химических канцерогенов,**
- обладающих генотоксическим действием, могут возникать при любой дозе,**
- вызывающей инициирование повреждений генетического материала;**
- для неканцерогенных веществ и канцерогенов с не генотоксическим механизмом**
- действия предполагается существование пороговых уровней, ниже которых**
- вредные эффекты не возникают.**



Основной параметр для оценки канцерогенного риска воздействия канцерогенного агента с беспороговым механизмом действия – фактор канцерогенного потенциала (CPF) или фактор наклона (SF), характеризующий степень нарастания канцерогенного риска с увеличением воздействующей дозы на одну единицу.



Для характеристики риска развития неканцерогенных эффектов наиболее часто используются такие показатели зависимости «доза - ответ», как максимальная недействующая доза и минимальная доза, вызывающая пороговый эффект (для неканцерогенов и канцерогенов, обладающих негенотоксическим механизмом действия). Этими показателями являются референтные дозы (RfD) и концентрации (RfC) химических веществ.



На этапе оценки экспозиции определяются:

- **концентрации вредных веществ в точках воздействия - максимально - разовые, среднесуточные, среднегодовые- при интегральном пути поступления;**
- **суточные дозы вредных веществ при ингаляционном и пероральном путях поступления;**
- **суточные дозы вредных веществ с учетом ожидаемой, средней продолжительности жизни человека (70 лет) для канцерогенов.**



Расчет индивидуального канцерогенного риска осуществляется по формуле:

$$\mathbf{CR = LADD \cdot SF, \text{ где}}$$

LADD – среднесуточная доза в течение жизни, мг/(кг•день))⁻¹ ;

SF – фактор наклона, мг/(кг•день))⁻¹ .

**Величина популяционных
канцерогенных рисков (PCR)
осуществляется по формуле**



$$PCR = CR \cdot POP, \text{ где}$$

**CR – индивидуальный канцерогенный
риск;**

**POP – численность исследуемой
популяции, чел.**



При воздействии нескольких канцерогенов, поступающих в организм человека различными путями, расчет общего риска (TCR_t) производится по формуле:

$$TCR = \sum CR_t$$

Оценка риска неканцерогенных эффектов при острых и хронических воздействиях

Для веществ, не обладающих канцерогенным действием, оценка риска проводилась на основе коэффициента опасности (HQ), представляющего собой соотношение между величиной экспозиции (например, суточной дозой, ADD) и безопасным уровнем воздействия (референтная доза, референтная концентрация или, в случае их отсутствия, отечественная предельно допустимая концентрация):

$$HQ = ADD/RfD \quad \text{или} \quad C/RfC, \quad \text{где:}$$

ADD - суточная доза;

RfD - референтная доза;

C - концентрация вещества;

RfC – референтная концентрация.

Для условий комбинированного воздействия (одновременного действия нескольких веществ) характеристикой суммарного неканцерогенного риска является величина индекса опасности (HI):

$$(HI) = HQ_1 + HQ_2 + \dots + HQ_n, \text{ где:}$$

$HQ_1 + HQ_2 + \dots + HQ_n$ – коэффициенты опасности для нескольких химических веществ или для разных путей поступления одного и того же вещества.

**Индексы опасности для критических
органов/систем при ингаляционном воздействии
вредных веществ**

№ п/п	Вещества	HQ
1	Органы дыхания	2,3e-3
2	Сердечнососудистая система	4,1e-4
3	ЦНС	4,1e-4
4	Кровь	2,4e-5
5	Почки	4,8e-4
6	Печень	4,1e-4
7	Зубы	0,0
8	Глаза	1,9e-3
9	Иммунная система	1,8e-3
10	Смертность	1,0e-6

**Ранжирование веществ, загрязняющих атмосферный воздух,
по коэффициенту опасности при хроническом воздействии**

№	Вещества	CAS	НҚ				Р а н г
			Точки расчета				
			1	2	3	4	
1	Азота (II) оксид (Азота оксид)	10102-43-9	1,0e-6	2,0e-6	8,0e-6	4,0e-6	5
2	Азота (IV) оксид (Азота диоксид)	10102-44-0	1,3e-5	1,7e-5	6,9e-5	3,7e-6	3
3	Серы диоксид	7446-09-5	1,0e-6	2,0e-6	7,0e-6	4,0e-6	7
4	Углерода оксид	630-08-0	0,0	9,05e-7	4,0e-6	2,0e-6	6
5	Углерод черный (сажа)	1333-86-4	0,0	0,0	3,0e-6	2,0e-6	8
6	Водород хлористый	7647-01-0	2,0e-6	2,0e-6	3,0e-6	4,0e-6	4
7	Фенол	108-35-2	4,08e-4	4,09e-4	7,8e-4	9,55e-4	2
8	Формальдегид	50-00-0	1,85e-3	2,1e-3	3,46e-3	4,4e-3	1

Вклад фенола и формальдегида в неканцерогенный риск (НҚ) при загрязнении атмосферного воздуха



Точки расчета	НҚ		Процент вклада	
	фенол	формальдегид	фенол	формальдегид
1	9,5e-4	4,4e-3	17,2	77,2
2	5,8e-4	2,7e-3	17,6	80,4
3	5,7e-4	2,6e-3	17,6	80,5

Оценка риска при комбинированных воздействиях



Характеристика риска развития неканцерогенных эффектов при комбинированном и комплексном воздействии химических соединений проводится на основе расчета индекса опасности (Н_И). Индекс опасности для условий одновременного поступления нескольких веществ одним и тем же путем (например, ингаляционным или пероральным) рассчитывается по формуле:

$$H_I = \sum H_{Q_i}, \text{ где:}$$

H_{Q_i} – коэффициенты опасности для отдельных компонентов смеси воздействующих веществ.

Классификация канцерогенного риска

Первый диапазон UR - $1 \cdot 10^{-6}$

- дополнительные меры не нужны,
- периодический контроль

**Второй диапазон UR более - $1 \cdot 10^{-6}$, но менее - $1 \cdot 10^{-4}$
(для воды) - $1 \cdot 10^{-5}$**

- приемлемый риск, в некоторых случаях
- дополнительные мероприятия

Третий диапазон UR более - $1 \cdot 10^{-4}$, но менее - $1 \cdot 10^{-3}$

- не приемлем для населения в целом,
- приемлем для профгрупп
- мероприятия установление приоритетности

Четвертый диапазон UR более или равен - $1 \cdot 10^{-3}$

- не приемлем для населения и профгрупп
- экстренные оздоровительные мероприятия

Характеристика риска

1. **HQ менее 1 – вероятность вредных эффектов незначительна, воздействие допустимое.**
2. **HQ более 1 – вероятность вредных эффектов возможна**

Индивидуальный канцерогенный риск – это вероятность появления неблагоприятного эффекта, например развитие рака у одного индивидуума из 1000 лиц, подвергшихся воздействию. При оценке риска оценивается число дополнительных случаев к фону.

Например, фоновый риск составляет $1 \cdot 10^{-3}$, т.е. один случай на 1000. Фактический риск - $2 \cdot 10^{-3}$, т.е. два случая на 1000. Один случай дополнительный.



Популяционный канцерогенный риск – число дополнительных случаев рака в конкретной популяции.

Индивидуальный риск - $5 \cdot 10^{-4}$, т.е. пять дополнительных случаев на 10000 чел.

Население города 400000 чел., т.е. популяционный риск составляет 200 случаев.